

TITLE OF THE INVENTION

APPARATUS FOR PROCESSING SUBSTRATE AND METHOD OF PROCESSING THE SAME

CROSS-REFERENCE TO RELATED APPLICATIONS

5 This application is based upon and claims the benefit of priority from the prior Japanese Patent Applications No. 2000-394354, filed December 26, 2000, No. 2001-011299, filed January 19, 2001, and No. 2001-385349, filed December 19, 2001, the entire contents of all of which are incorporated herein by reference.

BACKGROUND OF THE INVENTION

1 Field of the Invention

10 本発明は、基板の処理装置及び処理方法に関する。より具体的には、塗布膜の処理装置、塗布膜の加熱装置、その加熱装置を用いた加熱処理方法、リソグラフィーに関連するレジストパターン形成方法に関する。

2 Description of the Related Art

15 半導体装置製造では、素子領域形成、電極配線加工等に際して、レジストパターンが用いられる。このレジストパターンは、一般に以下のように形成される。まず、半導体ウエハ上にレジスト塗布膜を形成した後、プリベークと呼ばれる加熱処理を行う。このプリベークは、レジスト内の溶媒を揮発させるために行う。次に、このレジスト膜に所定パターンを露光により転写する。

20 半導体素子の微細化に伴い、リングラフイ工程において、高い解像性が要求される。この要求に対し、使用する露光光の短波長化が進められている。

25 光リソグラフィでは、KrFエキシマレーザ（波長：248nm）が露光光源として広く使われるようになった。

一方、パターンが転写される感光性樹脂（フォトレジスト）材料も露光光の短波長化に伴い、化学増幅型レジストと呼ばれるフォトレジストが考案、実用化されている。化学増幅型レジストは、その中に露光によって酸を発生

する酸発生剤を含む。露光によって発生した酸は樹脂を分解したり（ポジ型）、架橋させたり（ネガ型）する。この後の現像工程において、現像液に対する溶解性が変化するという性質を利用する。

この化学増幅型レジストは、解像性に優れるという利点を持つ反面、環境  
5 に対してデリケートである。すなわち、大気中の塩基性物質と反応し、酸が失活して、パターン形状や解像度の劣化などを引き起こす。この劣化を防ぐため、環境制御を行う。環境制御は、一般的に、レジスト塗布や現像などの処理を行うコーターデベロッパ内でケミカルフィルターを設けるなどして行われる。

10 一方、この化学増幅型レジストの多くは、露光工程の後に P E B（Post Exposure Bake）と呼ばれる加熱処理工程が必要とされる。P E B は、露光工程で発生した酸を拡散させるために行われる。P E B 処理工程の後、化学増幅型レジストを現像液に晒して所望のレジストパターンが形成される。

15 化学増幅型レジストは、上記酸の失活以外にも、P E B 処理において酸が蒸発することにより消失することが知られている。P E B 処理における酸の蒸発による消失を低減する方法としては、従来からいくつかの方法が提案されている。例えばレジスト塗布後に溶剤を揮発させる目的で行われるプリベーク温度を通常よりも高く、P E B 温度を通常よりも低くすることで、酸の蒸発を低減させる方法。（「Effect of acid evaporation in Chemically  
20 Amplified resists on insoluble layer formation」Journal of Photopolymer Science and Technology Vol. 8, Number4 (1995) P. 561-570:以下公知例 1 と称する）、あるいは P E B 処理を通常の大気圧よりも高い圧力下で行うことで、酸の蒸発を減少させる方法（特開平 1 1 - 3 8 6 4 4、以下公知例 2 と称する）が挙げられる。

25 しかしながら、上記公知例 1 によれば、P E B 時の酸の蒸発量を低減できる。しかし、最適化された温度条件（通常条件）から大きく外れた条件でプリベーク処理及び P E B 処理を行うことになるため、本来レジストの持つ露光量やフォーカス裕度（マージン）のパフォーマンスを十分引き出せない。

また、P E B 処理においては、例えば、図 6 5 に示すように、加熱の際に

生じるガスや微粒子がチャンバ内に付着してパーティクルの発生源となることを防止可能な加熱装置が必要である。このような加熱装置は、チャンバ 6500 の一側面に設けた空気導入口 6501 と、これと対向する他側面に設けた排気口 6502 とを有する。均熱板 6503 上の半導体ウエハ W 上面に沿って、空気導入口 6501 と排気口 6502 との間に気体 6504 を流す。これにより、チャンバ内で気流が生じる。

しかし、図 66 に示すように、PEB 時に蒸発した酸は、この気流によって図中の矢印の如く下流側へ運ばれウエハ上に再付着する。従って、気流に対して最も上流に位置するチップとその下流側に位置するチップとは、レジスト表面の酸濃度が異なる。このため、現像処理後のウエハ面内でのレジスト寸法にばらつきが生じる。

また、上記公知例 2 では、酸の蒸発を低減できるものの、蒸発した酸の再付着に関しては、何ら対策されていない。蒸発した酸は半導体ウエハ上に再付着するため、現像処理後のウエハ面内でのレジスト寸法変動をなくことは困難である。

#### BRIEF SUMMARY OF THE INVENTION

本発明の第 1 の観点によれば、内部空間を有するチャンバと、前記チャンバ内で塗布膜を有する被処理基板を支持する載置面を有する、前記被処理基板を加熱するための加熱板と、前記載置面と対向するように前記チャンバ内に配設された仕切り部材と、前記仕切り部材は前記内部空間を第 1 及び第 2 空間に分割すると共に、前記第 1 及び第 2 空間を連通させる複数の孔を有することと、前記載置面は前記第 1 空間内に配設されることと、前記被処理基板から発生する蒸発物を排出するため、前記第 2 空間に気体流を形成するための気体流形成機構と、を具備する塗布膜の加熱装置を提供できる。

本発明の第 2 の観点によれば、被処理基板上にレジスト膜を形成する工程と、前記レジスト膜が形成された前記被処理基板をチャンバ内で加熱する工程と、前記仕切り部材は、前記チャンバを第 1 及び第 2 空間に分割すると共に、前記第 1 及び第 2 空間を連通させる複数の孔を有することと、前記被処

理基板は前記第 1 空間内に載置されることと、前記加熱の間、前記被処理基板から発生した蒸発物を前記仕切り部材の前記多数の孔を介して前記第 2 空間内に流し、気体流により前記第 2 空間から排気する工程と、前記レジスト膜にエネルギー線を照射して潜像パターンを有する露光領域を形成するための露光する工程と、前記レジスト膜を現像液に晒すことにより、前記レジスト膜の一部を選択的に除去し、所望のパターンを前記被処理基板上に形成するための現像する工程と、を具備するレジストの処理方法を提供できる。

#### BRIEF DESCRIPTION OF THE SEVERAL VIEWS OF THE DRAWING

図 1 は、本発明の各実施形態に係わる基板処理装置を模式的に示す平面図である。

図 2 は、本発明の第 1 の実施形態に係わる加熱装置を模式的に示す断面図である。

図 3 は、露光用マスクをウエハに転写した際に得られるパターンを示している。

図 4 は、図 3 のパターンにおけるラインパターン領域を拡大して示している。

図 5 は、ウエハに露光チップを配置した状態を示している。

図 6 は、本発明の第 1 の実施形態に係わる加熱装置を用いて得られたパターン転写結果の良否のウエハ面内分布を示している。

図 7 は、本発明の第 2 の実施形態に係わる加熱装置を模式的に示す断面図である。

図 8 A は、気孔率と蒸発物質の再付着の関係を示す図で、図 8 B は吸着板と均熱板との距離（ギャップ）と酸の蒸発距離との関係を示す図である。

図 9 は、本発明の第 3 の実施形態に係わる加熱装置を模式的に示す断面図である。

図 10 は、本発明の第 4 の実施形態に係わる加熱装置を模式的に示す断面図である。

図 1 1 は、本発明の第 5 の実施形態に係わる加熱装置を模式的に示す断面図である。

図 1 2 は、本発明の第 6 の実施形態に係わる加熱装置を模式的に示す断面図である。

5 図 1 3 は、板部材を示している。

図 1 4 は、本発明の第 7 の実施形態に係わる加熱装置を模式的に示す断面図である。

図 1 5 は、本発明の第 8 の実施形態に係わる加熱装置を模式的に示す断面図である。

10 図 1 6 は、本発明の第 9 の実施形態に係わる加熱装置を模式的に示す断面図である。

図 1 7 は、本発明の第 1 0 の実施形態に係わる加熱装置を模式的に示す断面図である。

15 図 1 8 は、P E B 中の気流方向と各露光チップとの位置関係を示している。

図 1 9 は、本発明の第 1 1 の実施形態に係わる基板処理方法における露光量とレジストライン寸法との関係を示した図である。

図 2 0 は、加熱ユニット群の配置とウエハ搬送アームの位置関係を模式的に示している。

20 図 2 1 は、ウエハを P E B 用加熱装置に搬送する状態を上方から眺めた図である。

図 2 2 は、加熱ユニット群の配置とウエハ搬送アームの位置関係を模式的に示している。

25 図 2 3 は、ウエハを P E B 用加熱装置に搬送する状態を上方から眺めた図である。

図 2 4 は、ウエハを P E B 用加熱装置に搬送する状態を上方から眺めた図である。

図 2 5 は、本発明の第 1 2 の実施形態のレジストパターン形成方法における P E B 処理温度とレジストライン寸法との関係を示した図である。

10026419-122601

図 2 6 は、気流方向と露光チップとの位置関係を示す図である。

図 2 7 は、気流方向と露光チップとの位置関係を示す図である。

図 2 8 は、露光領域と P E B 時の気流との相対的な位置関係を模式的に示している。

5 図 2 9 は、露光量 D としたときのチップ内の位置 X と現像後のレジストパターン寸法（ライン寸法）との関係を模式的に示している。

図 3 0 は、露光量 D 近傍でのパターン寸法と露光量との関係を示している。

図 3 1 は、チップ内の位置 X と露光量との関係を模式的に示している。

10 図 3 2 は、チップ内の位置 X とスキャン速度との関係を模式的に示している。

図 3 3 は、ステップアンドスキャン方式の投影露光装置の構成を示している。

15 図 3 4 は、照射量調整用の N D フィルタ 3 3 0 3 の透過率分布を模式的に示している。

図 3 5 は、露光領域の一部を模式的に示している。

図 3 6 は、露光量とライン寸法との関係を示している。

図 3 7 は、露光量調整のための光照射システムを模式的に示している。

20 図 3 8 は、ウエハ上に形成された露光領域群 3 8 0 1 と補正時に照射された光照射領域 3 8 0 2 との位置関係を模式的に示している。

図 3 9 は、気流方向と露光チップとの位置関係を示している。

図 4 0 は、補正時に照射する照射量と、最外周（最上流）露光領域と内周（下流）露光領域との間での寸法差の関係を示している。

25 図 4 1 は、本発明の第 1 7 の実施形態に係わる基板処理方法の他の実施形態を示している。

図 4 2 は、図 4 1 に示す実施形態におけるチップ内の位置 X と照射エネルギーとの関係を示している。

図 4 3 は、ウエハに露光チップを配置した状態を示している。

図 4 4 は、気流方向と露光チップとの位置関係を示す図である。

10026419.122601

図 4 5 は、ウエハに露光チップを配置した状態を示している。

図 4 6 は、欠け露光領域の面積と、パターン寸法変動を補正に必要な E B 照射量との関係を示している。

図 4 7 A, B は、現像液の供給方法を模式的に示している。

5 図 4 8 は、露光量とパターン寸法との関係を示している。

図 4 9 は、現像液の吐出量とパターン寸法との関係を示している。

図 5 0 は、薬液供給ノズルの位置を示している。

図 5 1 は、ノズル位置と現像液の吐出量との関係を示している。

10 図 5 2 は、ウエハとノズルとの間の距離（図中にはギャップと表記）とパターン寸法との関係を示している。

図 5 3 は、位置とギャップとの関係を示している。

図 5 4 は、ノズル走査速度とパターン寸法との関係を示している。

図 5 5 は、ノズル位置と走査速度との関係を示している。

15 図 5 6 A は、露光量とパターン寸法との関係を示しており、図 5 6 B, C は、気流吹き付けノズルにより気流を吹き付ける様子を模式的に示している。

図 5 7 A, B, C は、現像液の薄膜化を説明している。

図 5 8 は、吹き付け流量とパターン寸法との関係を示している。

図 5 9 A, B は、熱板により基板を加熱する様子を模式的に示している。

20 図 6 0 は、現像液の温度とパターン寸法との関係を示している。

図 6 1 A, B は、現像液の供給方法を模式的に示している。

図 6 2 A, B, C は、ノズルの場所による吐出量を制御する方法を模式的に示している。

図 6 3 は、オゾン水の供給方法を模式的に示している。

25 図 6 4 は、パターン寸法と外周部での供給時間との関係を示している。

図 6 5 は、従来の加熱装置を模式的に示す断面図である。

図 6 6 は、従来の加熱処理中の気流方向と露光チップとの位置関係を示す図である。

図 6 7 は、従来の加熱装置を用いて加熱処理して得られたパターン転写結

果の良否の面内分布を示す図である。

## DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION

5       以下に本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。なお、以下の説明において、略同一の機能及び構成を有する構成要素については、同一符号を付し、重複説明は必要な場合にのみ行う。

図1は、本発明の各実施形態に用いられる基板処理装置の平面図を例示している。この基板処理装置は、塗布現像装置（コーター・デベロッパー）101と露光装置102から構成される。塗布現像装置は101は、ウエハステーション103、加熱装置（ヒーター）104、コーター105、現像部106、インターフェース107を有する。各部の配置は、例示であり、これに限定されない。

### （第1の実施形態）

15       本発明の第1の実施形態に係わる加熱装置及びそれを用いた基板処理方法（以下、基板処理方法にはレジストパターン形成方法が含まれる）を図2を参照して説明する。

図2は、第1の実施形態に係わる加熱装置を模式的に示す断面図である。

この加熱装置は筐体201を有する。この筐体201は加熱手段を有する。20       加熱手段は、均熱板202、ヒーター203から構成される。均熱板202の上面には被処理基板、例えば半導体ウエハW（以下、単にウエハと称する）が載置される。ヒーター203は、複数に分割され、均熱板202の裏面に配置される。各ヒーター203は、図示せぬ制御ユニットによって、ウエハW面内で均一な設定温度になるように独立に制御される。

25       前記均熱板202は、断熱材204を介して、フレーム205で支持されている。加熱処理されるウエハWは、前記均熱板202上にプロキシミティギャップ206によって0.1mmの間隔を持つ。ウエハWは所定の時間加熱処理されるようになっている。

前記均熱板202の上方には、アルミニウム製の天板207が設置される



。前記均熱板 202、前記筐体 201 及び前記天板 207 とでチャンバ 208 が構成される。前記チャンバ 208 内において、前記均熱板 202 上方には、多孔質セラミック板 209 が前記均熱板 202 と対向して設置されている。多孔質セラミック板 209 は、仕切り部材として機能し、多数の孔を有する。前記多孔質セラミック板 209 として、原材料が SiC で、孔径が 50  $\mu$ m、気孔率が 40% のものが使用される。

前記多孔質セラミックス板 209 によって、前記チャンバ 208 内の空間 210 は、第 1 の空間部 211 と第 2 の空間部 212 とに、上下に分離される。第 1 の空間部 211 は、前記ウエハ W が載置される前記均熱板 202 を含む。第 2 の空間部 212 には、前記均熱板 202 は含まれない。

前記多孔質セラミック板 209 は複数の支持ピン 213 によって支持される。支持ピン 213 は前記均熱板 202 の下方に設置された昇降機構 214 によって昇降される。これに従って前記多孔質セラミック板 209 が上下に移動する。前記多孔質セラミック板 209 が上下に移動することにより、前記多孔質セラミックス板 209 と前記均熱板 202 上に載置されるウエハ W との間隔が調整される。前記多孔質セラミック板 209 は、加熱装置から容易に着脱できるように構成され、随時洗浄可能とされている。

前記チャンバ 208 の前記第 2 の空間部 212 における一方の側面部には、空気導入口 215 が設けられる。空気導入口 215 と対向する他方の側面部には、排気手段 220 に接続された排気口 216 が設けられる。前記空気導入口 215 から前記排気口 216 の一方向に気流 217 が形成される。

前記第 1 の空間部 211 内の空気の体積は加熱により膨張する。膨張した空気は、前記第 2 の空間部 212 の気流 217 によって前記多孔質セラミックス板 209 方向に垂直に吸引される。この空気は、次いで、前記多孔質セラミックス 209 の孔を通して前記第 2 の空間部 212 内に取り込まれる。すなわち、前記第 1 の空間部 211 内では、ウエハ W に対してほぼ垂直方向の気流 218 が形成される。

次に、前記加熱装置を用いた PEB 処理およびレジストパターン形成について説明する。

まず、反射防止膜となる塗布膜が回転塗布法によりウエハW上に形成される。次に、190℃、60秒の条件でベーク処理がなされ、膜厚60nmの反射防止膜が形成される。

前記ウエハW上にポジ型化学増幅レジストが塗布された後、140℃、90秒の条件でプリベークと呼ばれる加熱処理が施される。プリベークは、レジスト中の溶剤を揮発させるために行われる。このようにして、前記反射防止膜上に400nmの膜厚を有するレジスト膜が形成される。前記化学増幅型レジストは、フェノール系樹脂をベースポリマーとし、乳酸エチルと3-エトキシプロピオン酸エチルの混合溶媒とで構成される。化学増幅型レジストは、以下の実施形態において同様のものが使用される。

前記プリベーク後、前記ウエハWは室温まで冷却される。ウエハWは、波長248nmのKrFエキシマレーザ（遠赤外線レーザー）を光源とする露光装置へ搬送され、露光用マスクを介して縮小投影露光が行われる。

図3は、露光装置において本実施形態で用いた露光用マスクをウエハWに転写した際に得られるパターンを拡大して示す図である。図中、1つの露光領域320（以下、単に露光チップと称す）は、左半分のラインパターン領域321とレジストが全く残らないフラット露光領域322とを有する。

図4は、ラインパターン領域321を拡大して示す図である。図中、401はライン部、402はスペース部である。図4に示すように、前記ラインパターン領域321は、ライン寸法=170nm、スペース寸法=90nm、繰り返しパターンがピッチ=:260nmで配置されている。

図5に示すように、この露光チップ320がウエハW上に縦11×横13の配置に転写され、潜像が形成される。

次いで、前記露光後、前記ウエハWが本実施形態の加熱装置に搬送され、前記均熱板202上に0.1mmの間隔において載置される。次に、前記第2の空間部212内に一方向の気流217を流すと共に140℃、90秒の条件でPEB処理が施される。

次いで、PEB処理を行った後、前記ウエハWは室温まで冷却される。前記ウエハWは現像ユニットに搬送され、60秒間のアルカリ現像処理が行わ

れる。現像処理終了後、純水によるリンス処理、スピン乾燥処理が行われ、レジストパターンが形成される。

以下、本実施形態の加熱装置を用いて得られたレジストパターン寸法の面内分布と図 6 5 に示す従来の加熱装置で P E B 処理した結果との比較を説明する。

図 6 7 は、従来の加熱装置を用いて得られたパターン転写結果の良否の面内分布を示す。

図中の斜線模様で示した露光チップは、現像後のレジストパターンを上面から SEM(Scanning Electron Microscope)で観察した際に N G と判定されたものである。すなわち、レジストパターンが解像しなかったものである。図 6 7 に示すように、P E B 処理時の気流に対して、最も上流側に位置する露光チップが N G であった。これは、以下に示すようにチップによって露光量が相違することが原因である。すなわち、従来の加熱装置では、P E B 処理時、レジスト膜から蒸発した酸を含む気流 6 5 0 4 が、図 6 6 中の矢印で示すように左端から右端に流れる。その結果、気流の最上流に位置する露光チップから蒸発した酸は、この気流によって下流側へ運ばれ、下流側の露光チップ表面に再付着する。従って、酸の量の収支は、(発生した酸) - (蒸発した酸) + (再付着した酸) となる。しかし、気流に対して最も上流に位置するチップでは、前記(再付着した酸)がないため、その下流に位置するチップより実効的な露光量が減少する。このため、各露光チップ 6 7 0 5 に同一エネルギー(露光照射量及び P E B の加熱量)を与えても、現像後に形成されるレジストパターンのライン寸法に差が生じる。すなわち、ポジ型レジストを用いた場合、最上流に位置する露光チップにおいて大きい。

図 6 は、本実施形態に係わる加熱装置を用いて得られたパターン転写結果の良否の面内分布を示す図である。図 6 に示すように、N G と判定された露光チップが観察されず、良好なパターン転写結果が得られる。

なお、本実施形態では孔径が  $50\ \mu\text{m}$ 、気孔率が 40% の多孔質セラミック板を用いたが、それは以下の理由による。図 8 (a) は、孔径が  $50\ \mu\text{m}$  の多孔質セラミック板の気孔率と蒸発した酸の再付着量(気孔率 0 のときの

値で規格化) の関係を示す。図から分かるように、再付着量の抑制効果は気孔率 40 % で飽和するため、40 % を用いる多孔質セラミック板の気孔率とした。

本実施形態によれば、PEB 処理工程において、チャンバ内の第 2 の空間部における気流によって、第 1 の空間部における蒸発した酸を含む気流が、ウエハ W に対してほぼ垂直方向に吸引される。吸引された気流は多孔質セラミックス板の孔を介して第 2 の空間部に取り込まれる。このため、蒸発した酸が下流側に再付着しない。従って、ウエハ W 面内において、レジスト表面の酸濃度は各露光ショット間でほぼ均一である。よって、実効的な露光量の変動はなく、ウエハ W 面内でのレジスト寸法の均一性を向上することができる。しかも、PEB 処理工程において、最適な温度条件で PEB 処理を行うことができ、本来レジストの持つ露光量やフォーカス裕度 ( マージン ) のパフォーマンスを十分引き出すことができる。

( 第 2 の実施形態 )

本発明の第 2 の実施形態に係わる加熱装置及びそれを用いた基板処理方法について、図 7 を用いて説明する。第 2 の実施形態は、第 1 の実施形態と加熱手段が異なる。

図 7 は第 2 の実施形態に係わる加熱装置を模式的に示す断面図である。第 1 の実施形態と同一の部分の説明は省略し、異なる部分のみ説明する。

前記均熱板 202 の裏面には、均熱板 202 を加熱する熱源 730 が設置される。前記均熱板 202 と前記熱源 730 とで加熱手段が構成される。

前記熱源 730 は、ハロゲンランプ 731 とライトガイド 732 とで構成される。前記ライトガイド 732 は角柱状のブロックで構成される。前記ハロゲンランプ 731 で放射された光は、前記ライトガイド 732 に入射する。入射した光は、ライトガイドの側面部でほぼ全反射を繰り返しながら進み、前記均熱板 702 に到達する。

前記均熱板 202 は、前記ライトガイド 732 からの光を吸収することにより加熱される。前記ハロゲンランプ 731 は、前記均熱板 202 に埋め込まれた熱電対 ( 図示せず ) の温度によって出力制御され、所望の温度 ( 14

0℃)に調節される。多孔質セラミック板209は、本実施形態においては、孔径が100μm、気孔率が50%のものが使用される。

次に、前記加熱装置を用いたPEB処理およびレジストパターン形成について説明する。

5       まず、反射防止膜となる塗布膜が回転塗布法によりウエハW上に形成される。次に、190℃、60秒の条件でベーク処理がなされ、膜厚60nmの反射防止膜が形成される。

10       前記ウエハW上にポジ型化学増幅レジストが塗布された後、140℃、90秒の条件でプリベークが施される。このようにして、前記反射防止膜上に400nmの膜厚を有するレジスト膜が形成される。

15       前記プリベーク後、前記ウエハWは室温まで冷却される。ウエハWは、波長248nmのKrFエキシマレーザを光源とする露光装置へ搬送され、露光用マスクを介して、縮小投影露光が行われる。

20       図5に示すように、露光用マスクを介して150nmのラインアンドスペースパターンが含まれる露光チップがウエハW上に縦11×横13の配置に転写され、潜像が形成される。

25       次いで、前記露光後、前記ウエハWが本実施形態の加熱装置に搬送され、前記均熱板202上に載置される。次に、前記第2の空間部212内に一方向の気流217を流すと共に140℃、90秒の条件でPEB処理が施される。PEB処理後、第1の実施形態と同様の処理が行われ、レジストパターンが形成される。

30       上記第2の実施形態では、現像後のレジストライン寸法をウエハW面内で測定した結果は以下になった。すなわち、150nmラインアンドスペースパターンの面内寸法ばらつきは、従来の加熱装置でPEB処理した場合の9.7nm(3σ)に比べ、4.3nmと大幅に低減した。

35       なお、上記第1の及び第2の実施形態では、ラインパターン及びラインアンドスペースパターンについて各々説明した。しかし、これらのパターンに限定されず、他のパターン、例えばホールパターン等でも同様の効果が得られる。

また、第1及び第2の実施形態では、多孔質セラミック板の孔径及び気孔率の数値の一例を挙げたが、これらの数値に限定されるものではない。例えば、図8Aに示すような気孔率と蒸発した酸の再付着量の関係から、最適な気孔率を求めることが望ましい。

5 (第3の実施形態)

本発明の第3の実施形態に係わる加熱装置、それを用いた基板処理方法について、図9を用いて説明する。第1の実施形態と同一部分の説明は省略し、異なる部分のみ説明する。第3の実施形態では、吸着部材を用いて、蒸発物を吸着する。

10 図9は、第3の実施形態に係わる加熱装置を模式的に示す断面図である。

チャンバ208内において、吸着部材940が前記均熱板202上方に、これと対向して近接して設置される。吸着部材940と前記均熱板202との間の距離は、0.5mmである。吸着部材940は、複数の支持ピン213によって支持される。

15 前記吸着部材940として、表面研磨された単結晶シリコン板が用いられる。または、セラミックス、アルミナ、石英等の酸化物、又は窒化物自体で構成したものを用いてもよい。また、これらの部材表面に酸化膜、又は窒化膜を被覆したものを用いてもよい。

20 加熱処理中に前記ウエハWから蒸発した蒸発物質は、前記ウエハWに近接して設置された吸着部材940の表面に吸着される。

次に、前記加熱装置を用いたPEB処理及びレジストパターン形成について説明する。

25 露光までは、第1の実施形態と同様である。露光により、第1の実施形態と同様の露光チップがウエハW上に縦11×横13の配置に転写され、潜像が形成される。

露光後、ウエハWは本実施形態の加熱装置に搬送され、前記均熱板202上に0.1mmの間隔をおいて載置される。次に、140℃、90秒の条件でPEB処理が施される。PEB処理後、第1の実施形態と同様の処理が行われ、レジストパターンが形成される。

本実施形態に係わる加熱装置を用いて得られたパターン転写結果の良否の面内分布は図6に示すようになる。すなわち、ウエハWの面内にはNGと判定された露光チップが観察されず、良好なパターン転写結果が得られる。

なお、本実施形態では吸着部材と均熱板との距離（ギャップ）を0.5 mmとした。これは以下の理由による。図8Bは、吸着部材と均熱板とのギャップdと、蒸発、再付着した酸の広がり距離（ギャップ7.5 mmのときの値で規格化）の関係を示した図である。ギャップを小さくするほど、酸の広がる距離は小さくなるが、逆にギャップを高精度に制御する必要性が生じる（蒸発距離がウエハW面内でばらつく）。この点を考慮し、比較的制御が容易なギャップ0.5 mmとした。

このように、本実施形態によれば、PEB処理工程において、レジスト膜から蒸発した酸が、吸着部材940に吸着されるため、蒸発した酸がウエハWに再付着しない。従って、ウエハW面内において、蒸発した酸がウエハWに再付着することで生じる実効的な露光量の変動はなく、ウエハW面内でのレジスト寸法の均一性を向上することができる。しかも、PEB処理工程において最適な温度条件でPEB処理を行うことができるため、本来レジストの持つ露光量やフォーカス裕度（マージン）のパフォーマンスを十分引き出すことができる。

#### （第4の実施形態）

本発明の第4の実施形態に係わる加熱装置及びそれを用いた基板処理方法について、図10を用いて説明する。第2、第3の実施形態と同一部分の説明は省略し、異なる部分のみ説明する。第4の実施形態は、第3の実施形態と加熱手段が異なる。

図10は、第4の実施形態に係わる加熱装置を模式的に示す断面図である。

チャンバ208内において、吸着部材940が前記均熱板202上方に、これと対向して近接して設置される。前記吸着部材940と前記均熱板202との距離は、0.5 mmである。

加熱処理中に前記ウエハWから蒸発した蒸発物質は、前記ウエハWに近接

して設置された吸着部材 940 の表面に吸着される。

次に、前記加熱装置を用いた PEB 処理及びレジストパターン形成について説明する。

露光までは、第 2 の実施形態と同様である。露光により、図 5 に示すように、130 nm ラインアンドスペースパターンが含まれる露光チップがウエハ W 上に縦 11 × 横 13 の配置に転写され、潜像が形成される。

次いで、露光後、前記ウエハ W は本実施形態の加熱装置に搬送され、前記均熱板 202 上に載置され、140℃、90 秒の条件で PEB 処理が施される。PEB 処理後、第 1 の実施形態と同様の処理が行われ、レジストパターンが形成される。

第 4 の実施形態では、現像後のレジストライン寸法をウエハ W 面内で測定した結果は以下のようになった。すなわち、130 nm ラインアンドスペースパターンの面内寸法ばらつきは、従来の加熱装置で PEB 処理した場合の 9.5 nm ( $3\sigma$ ) に比べ、4.1 nm と大幅に低減した。

第 3 及び第 4 の実施形態において、更に、吸着部材としての単結晶シリコン板の裏面にヒーターを設けることができる。このヒーターにより、ウエハ W を加熱装置から取り出した後、単結晶シリコン板をヒーターで加熱する。この加熱より、吸着した酸を脱離させ、単結晶シリコン板表面のクリーニングを行っても良い。この場合、チャンバ側面部に吸気孔と排気孔を設置し、脱離した酸を排気させながら行うことが望ましい。

(第 5 の実施形態)

本発明の第 5 の実施形態に係わる加熱装置及びそれを用いた基板処理方法について、図 11 を用いて説明する。第 1 の実施形態と同一部分の説明は省略し、異なる部分のみ説明する。第 5 の実施形態では、加熱装置をエネルギー線を放射する前の加熱処理工程、より具体的には、レジスト塗布工程後のプリベーク工程に適用する。

図 11 は、第 5 の実施形態に係わる加熱処理装置を模式的に示す断面図である。

本実施形態において、均熱板 202 とウエハ W との間のプロキシミティギ



ヤップは、0.5 mmである。

均熱板202、筐体201及び天板207とによりチャンバ208が構成される。チャンバ208内において、近接板1107が熱板202上方に、これと対向して近接して設置される。近接板1107と均熱板202と間の距離は、2.0 mmの距離である。

近接板1107の上部には、近接板を加熱するためのヒーター1109が同心円状に設置される。このヒーター1109は、図示せぬ温度センサー及び温度制御ユニットによって制御される。ヒーター1109が制御されることにより、近接板1107の温度が制御される。近接板1107のウエハWに面する表面は、鏡面研磨されている。

近接板1107として、アルミニウム製のものが用いられる。または、加工し易く、かつ熱伝導率の優れているもの、例えばSUS製のものをを用いても良い。また、近接板1107表面に放熱を促進させるための放熱部（図示せぬ）を設けることもできる。放熱部により、より高精度な温度制御が可能となる。

前記加熱装置を用いた基板処理方法について説明する。まず、ウエハW上にレジスト固形成分と溶剤からなる液状膜が形成される。この液状膜形成には、特開平7-163929に開示されている毛細管現象を利用したメニスカフ塗布が用いられる。または、特開2000-188251に開示されている極細のズルを被処理基板上で往復移動させて塗布する手法により作成してもよい。本発明の実施形態は塗布方法に依存するものではなく、液膜状態から固形膜を形成する手法であれば、如何なるものでも適用可能である。また、レジスト膜形成以外の固形膜形成にも適用できる。

ウエハWが本実施形態の加熱処理装置に搬送される。ウエハWが140℃になるように均熱板202の温度を制御しながら、加熱が行われる。本実施形態では、近接板1107の温度が、例えば100℃になるように温度制御が行われる。180秒間の加熱処理が行われた後、ウエハWは冷却装置へと搬送され、室温近傍まで冷却される。これにより、膜厚300 nmのレジスト固形膜が形成される。

このように、近接板 1107 を加熱することによって、蒸発物である溶剤が近接板にて液化（結露）することが無い。

一般に、近接板に蒸発物質が結露すると、加熱処理装置が汚れる。または、落下する液滴が固形膜を溶かし、この結果、膜厚分布が劣化する等の問題が生じる。本実施形態記載の加熱処理装置を用いることで、これらの問題を回避して、膜厚均一性の優れた固形膜を形成することができる。

なお、本実施形態では、近接板の温度を 100℃ になるように制御を行ったが、これに限定されない。加熱する液状膜に応じて蒸発物が液化しない温度にすることが重要である。

また、前記加熱処理装置に排気手段を設け、形成される固形膜の膜厚分布に悪影響を与えない範囲で、加熱処理中に排気を行っても良い。

（第 6 の実施形態）

次に、本発明の第 6 の実施形態に係わる加熱装置及びそれを用いた基板処理方法について、図 12 及び図 13 を用いて説明する。第 1 の実施形態と同一部分の説明は省略し、異なる部分のみ説明する。第 6 の実施形態は、チャンバの天板に冷却手段を設けた板部材が用いられる。

図 12 は、本発明の第 6 の実施形態に係わる加熱処理装置を模式的に示す断面図である。

前記均熱板 202 の上方に、アルミニウム製の板部材 1207 が設置される。前記均熱板 202、前記筐体 201 及び前記板部材 1207 とでチャンバ 208 が構成される。

チャンバ 208 内において、前記板部材 1207 が前記均熱板 202 上方に、これと対向して設置される。板部材 1207 と均熱板 202 との間の距離は 0.8 mm である。

以下、板部材 1207 の詳細について図 13 を用いて説明する。図 13 は、板部材 1207 の上面図を模式的に示したものである。板部材 1207 の内部には配水管 1209 が設置されている。循環冷却水は、板部材 1207 中を IN 側から OUT にかけて流れる。板部材 1207 は板部材 1207 に設置された熱電対（図示せず）によって、常に室温近傍の温度になるように

温度制御され。板部材 1 2 0 7 のウエハWに面する表面は、鏡面研磨されている。

板部材 1 2 0 7 としてアルミニウム製のものが用いられる。または、加工し易く、かつ熱伝導率の優れているもの、例えば S U S 製のものをを用いても良い。

次に、前記加熱装置を用いた P E B 処理について説明する。

第 1 の実施形態と同様にして、8 5 n m の膜厚を有する反射防止膜がウエハW上に形成される。次に、前記ウエハW上にポジ型化学増幅レジストが塗布された後、1 0 0 ℃、9 0 秒の条件でプリベーク処理が行われる。この結果、3 0 0 n m の膜厚を有するレジスト膜が反射防止膜上に形成される。

プリベーク後、前記ウエハWを室温まで冷却される。ウエハWは、波長 1 9 3 n m の A r F エキシマレーザを光源とする露光装置へ搬送される。ここで、露光用マスクを介して、1 1 0 n m のラインアンドスペースパターンが含まれる露光領域がウエハW上に縦 1 3 × 横 1 5 の配置に転写され、潜像が形成される。

露光後、ウエハWは本実施形態の加熱処理装置に搬送され、前記均熱板 2 0 2 上に 0 . 1 m m の間隔をおいて載置される。加熱処理中に前記ウエハWから蒸発した蒸発物質は、板部材 1 2 0 7 の表面に吸着される。次に、1 1 0 ℃、9 0 秒の条件で P E B 処理が施される。P E B 処理後、第 1 の実施形態と同様の処理が行われ、レジストパターンが形成される。

この現像後のレジストライン寸法をウエハ面内で測定した結果、1 1 0 n m のラインアンドスペースパターンの面内寸法ばらつきは、従来の P E B 処理装置を用いた場合に比べて、約半分に低減した。

このように、本実施形態によれば、P E B 処理工程において、レジスト膜から蒸発した酸が、板部材 1 2 0 7 に吸着するため、蒸発した酸がウエハWに再付着しない。従って、ウエハW面内において、蒸発した酸がウエハWに再付着することで生じる実効的な露光量の変動はなく、ウエハ面内でのレジスト寸法の均一性が向上することができる。

(第 7 の実施形態)

本発明の第7の実施形態に係わる加熱装置及びそれを用いた基板処理方法について、図14を用いて説明する。第1の実施形態と同一部分の説明は省略し、異なる部分のみ説明する。第7の実施形態は、電界存在下で、加熱処理を行う。

図14は、第7の実施形態に係わる加熱装置を模式的に示す断面図である。

チャンバ208内において、電極部材1450が前記均熱板202上方に、これと対向して近接して設置される。前記均熱板202と前記電極部材1450との距離は、3.0mmの距離である。電極部材1450は、複数の支持ピン214によって支持される。

電極部材1450としてSUSが用いられる。または、耐酸性で、且つ導電性であれば、金属、半導体のいずれでもよい。また、電極部材1450は、ウエハWと対向する表面に酸化膜、又は窒化膜等の絶縁膜が被覆されていてもよい。

電源Pにより、前記均熱板202と前記電極部材1450との間に電圧が印加される。この印加により、加熱処理中に前記均熱板202と前記電極部材1450との間に、垂直方向（紙面上で上下方向）の電界が発生する。

本実施形態では、前記均熱板202を接地電位に、且つ前記電極部材に1450に負電位を印加するようにしている。しかし、この電位関係は、前記均熱板202に対して前記電極部材1450が低電位になればよい。

発生した電界により、ウエハWから蒸発したプラスに帯電した蒸発物質、例えば酸は、垂直方向に移動する。次いで、蒸発物質は、前記電極部材1450の表面に吸着される。したがって、レジストから蒸発した酸はウエハWに再付着しない。

次に、前記加熱装置を用いたPEB処理及びレジストパターン形成について説明する。

露光までは、第1の実施形態と同様である。露光により、図5に示すように、130nmのラインアンドスペースパターンが含まれる露光チップがウエハW上に縦11×横13の配置に転写され、潜像が形成される。

露光後、ウエハWは本実施形態の加熱装置に搬送され、前記均熱板202上に載置される。前記均熱板202に接地電位が印加され、且つ前記電極部材1450に負電位が印加された状態で、140℃、90秒の条件でPEB処理が行われる。PEB処理後、第1の実施形態と同様の処理が行われ、レジストパターンが形成される。

第7の実施形態では、現像後のレジストライン寸法をウエハW面内で測定した結果は以下ようになった。すなわち、140nmラインアンドスペースパターンの面内寸法ばらつきは、従来の加熱装置でPEB処理した場合の8.4nm(3σ)に比べ、3.8nmと大幅に低減した。

(第8の実施形態)

本発明の第8の実施形態に係わる加熱装置及びそれを用いた基板処理方法について、図15を用いて説明する。第2、第7の実施形態と同一部分の説明は省略し、異なる部分のみ説明する。第8の実施形態は第7の実施形態と加熱手段が異なる。

図15は、第8の実施形態に係わる加熱装置を模式的に示す断面図である。

電源Pにより、上記第7の実施形態と同様に、前記均熱板202を接地電位に、且つ前記電極部材1450に負電位が印加される。これにより、第7の実施形態と同様の電界が発生する。

発生した電界により、ウエハWから蒸発したプラスに帯電した蒸発物質、例えば酸は、垂直方向に移動する。蒸発物質は、前記電極部材1450に吸着される。したがって、レジストから蒸発した酸はウエハWに再付着しない。

この加熱装置を用いて、第7の実施形態と同様の処理がなされる。すなわち、ウエハW上に反射防止膜、化学増幅型レジスト膜が形成される。露光用マスクを介して130nmのラインアンドスペースパターンが含まれる露光チップが転写され、潜像が形成される。このようにして得られたウエハWを、PEB処理した結果、160nmラインアンドスペースパターンの面内寸法ばらつきは、以下ようになった。すなわち、従来の加熱装置で加熱処理

した場合の 8.0 nm ( $3\sigma$ ) に比べ、3.4 nm と大幅に低減した。

(第 9 の実施形態)

本発明の第 9 の実施形態に係わる加熱装置及びそれを用いた基板処理方法について、図 16 を用いて説明する。第 1, 第 7 の実施形態と同一部分の説明は省略し、異なる部分のみ説明する。第 9 の実施形態は、第 7 の実施形態と電界の方向が異なる。

図 16 は、第 9 の実施形態に係わる加熱装置を模式的に示す断面図である。

本実施形態では、上記第 7 および第 8 の実施形態とは逆に、前記均熱板 202 に接地電位が印加され、前記電極部材 1450 に正電位が印加される。しかし、この電位関係は、前記均熱板 202 に対して前記電極部材 1450 が高電位になればよい。

ウエハ W から蒸発する蒸発物質、例えば酸はプラスに帯電しているため、前記電極部材 1450 に印加される高電位により、レジストからの酸の蒸発が抑制される。

第 9 の実施形態に係わる加熱装置では、均熱板と電極部材との間の印加電圧を容易に変更することにより、電界の強度を任意に変更でき、蒸発する酸の抑制を簡単に制御できる。したがって、本実施形態の加熱装置を用いた PEB 処理においては、蒸発する酸の制御が容易に行えるため、レジスト寸法の均一性を容易に制御できる。

(第 10 の実施形態)

本発明の第 10 の実施形態に係わる加熱装置及びそれを用いた基板処理方法について、図 17 を用いて説明する。第 2, 第 8 の実施形態と同一部分の説明は省略し、異なる部分のみ説明する。第 10 の実施形態は、第 9 の実施形態と加熱手段が異なる。

図 17 は、第 10 の実施形態に係わる加熱装置を模式的に示す断面図である。

本実施形態では、上記第 7 および第 8 の実施形態とは逆に、前記均熱板 202 に接地電位が印加され、前記電極部材 1450 に正電位が印加される。

しかし、この電位関係は、前記均熱板 202 に対して前記電極部材 1450 が高電位になればよい。

従って、ウエハ W から蒸発する蒸発物質、例えば酸は、プラスに帯電しているため、前記電極部材 1450 に印加される高電位により、レジストからの酸の蒸発が抑制される。

第 10 の実施形態に係わる加熱装置では、均熱板と電極部材との間の印加電圧を容易に変更することにより、電界の強度を任意に変更でき、蒸発する酸の抑制を簡単に制御できる。したがって、本実施形態の加熱装置を用いた PEB 処理においては、蒸発する酸の制御が容易に行えるため、レジスト寸法の均一性を容易に制御できる。

第 7 乃至第 10 の実施形態において、更に、加熱処理終了後、ウエハを加熱装置から取り出した後に、電極部材に正の電位を加えて吸着した酸を脱離させることにより、電極部材表面のクリーニングを行っても良い。この場合、チャンバ側面部に吸気孔と排気孔を設置し、脱離した酸を排気させながら行うことが望ましい。

第 1 乃至第 4、第 7 乃至第 10 の実施形態において、加熱装置を PEB 処理工程に適用した場合を説明した。しかし、レジストパターン形成における他の工程、例えば塗布膜形成後の加熱処理工程にも適用できることは勿論である。これにより、第 6 の実施形態と同様の効果を得られる。

#### (第 11 の実施形態)

本発明の第 11 の実施形態に係わる基板処理方法について図面を参照して説明する。第 11 の実施形態は、露光工程において、各露光チップの露光量条件を、各露光チップに応じて設定する。露光条件は、露光工程後に行う PEB 処理工程と密接な関係がある。PEB 処理工程は、例えば図 65 に示す従来の加熱装置により行われる。

プリベークまでは、第 1 の実施形態と同様である。次いで、第 1 の実施形態と同様に、露光により、150nm のラインアンドスペースパターンが含まれる露光チップがウエハ W 上に縦 11 × 横 13 の配置に転写され、潜像が形成される。露光条件は、以下のように設定される。

P E B 処理工程での各露光チップ 1 8 0 1 と P E B 処理中の気流 1 8 0 2 方向との位置関係は、図 1 8 に示すようになる。

図 1 8 中、ウエハ W の露光チップ 1 8 0 1 を、P E B 処理中の気流 1 8 0 2 に対して最も上流側に位置する最上流露光チップ 1 8 0 1 A と、それ以外  
5 の気流 1 8 0 2 に対して下流側に位置する下流露光チップ 1 8 0 1 B とに分類する。このように露光チップを分類したのは、上記した理由により上流側の露光量が下流側の露光量より低下するためである。1 8 0 3 はノッチである。

本実施形態では、露光工程において、実効的な露光量が前記最上流露光チップ 1 8 0 1 A と前記下流露光チップ 1 8 0 1 B とで等しくなるように調整  
10 する。すなわち、前記最上流露光チップ 1 8 0 1 A に転写する際の露光量を、以下の設定方法により、前記下流露光チップ 1 8 0 1 B の露光量よりも大きく設定する。

図 1 9 は、露光量とリソグラフィー工程を経て形成されるレジストライン  
15 寸法との関係を示した図である。図 1 9 中の実線は下流露光チップ、破線は最上流露光チップを示している。

図 1 9 から、レジストライン寸法が所望の 1 5 0 n m となる露光量条件を  
求めたところ、最上流露光チップ 1 8 0 1 A で  $18.55 \text{ mJ/cm}^2$ 、下流露光チップ 1 8 0 1 B で  $18.36 \text{ mJ/cm}^2$  となる。

20 このように、予め露光量と仕上がりレジストライン寸法の間関係を求めておくことで、それぞれの前記露光チップ 1 8 0 1 に対する最適な露光量条件が決定できる。

そこで、最上流露光チップ 1 8 0 1 A と下流露光チップ 1 8 0 1 B とに、  
それぞれ異なる露光量条件で露光を行う。この露光工程後、露光工程時と P  
25 E B 処理工程時のウエハ W のノッチ 1 8 0 3 が常に同じ方向、例えば下側になるように、ローテーション補正が行われる。その後、前記ウエハ W が前述した加熱装置に搬送され、 $140^\circ\text{C}$ 、90 秒の条件で、P E B 処理が行われる。P E B 処理後、第 1 の実施形態と同様の処理が行われ、レジストパターンが形成される。



現像後のレジストライン寸法をウエハW面内で測定した結果は、以下のようになった。すなわち、150nmラインアンドスペースパターンの面内寸法ばらつきは、露光量条件を補正していないときの11.6nm(3 $\sigma$ )に比べ、5.4nmと大幅に低減した。

5 本実施形態では、1つのPEB用加熱装置を用いた場合について説明したが、複数のPEB用加熱装置を用い、複数のウエハWを連続処理することもできる。この際には、PEB処理の前段階で、どのPEB用加熱装置に搬送するかに応じてウエハWをローテーション補正する必要がある。以下、その必要性について説明する。

10 図20は、コーターデベロッパ内における加熱ユニット群及びウエハWを搬送するアームARMを模式的に示すと共に、HP1-1にウエハWを搬送する状態を示した図である。

15 図20において、加熱ユニット群は、ラック状に複数段積み上げた構造からなる2つのタワー(TW1、TW2)で構成される。PEBのユニットは、TW1のHP1-1と、TW2のHP2-1に位置している。他の加熱ユニットは、例えば、反射防止膜の加熱処理やレジスト塗布直後に行うプリベーク用として用いられる。

20 図21は、HP1-1にウエハWを搬送する状態を上方から眺めた図である。図21に示すように、ウエハWのノッチ1803の位置は左側に位置する。最上流露光チップ1801Aは、正常に気流1802の上流側に位置する。

25 次いで、HP2-1にウエハWを搬送する状態について、図22及び図23を用いて説明する。図22に示すように、ウエハWのノッチ1803とアームARMの相対的な位置関係は変わらないので、ウエハWがHP2-1に搬送される際、ウエハWのノッチ1803の位置は図22中で右側となる。その結果、最上流露光チップ1801Aは気流1802の下流側に位置する。すなわち、気流1802に対する最上流露光チップの位置関係はHP1-1に搬送される場合とHP2-1に搬送される場合とで180度回転したものとなる。そのため、図24に示すように、HP2-1にウエハWを搬送する

場合、搬送する前段階で、ローテーション補正を行った後に搬送する必要がある。

このように、装置構造が同一であるPEB用加熱装置を複数用い、複数のウエハWを連続処理する場合、PEB用加熱装置に投入する前段階で、どのPEBユニットに搬送するかに応じてウエハWをローテーション補正する必要がある。

ウエハWをローテーション補正せずに、ウエハW毎に最上流露光チップと下流露光チップとを設定して露光する場合も考えられるが、工程が煩雑になり、現実的ではない。

なお、本実施形態では、150nmのラインアンドスペースパターンについて説明したが、これに限定されず、他のパターン、例えばホールパターン等にも適用できる。

#### (第12の実施形態)

本発明の第12の実施形態に係わる基板処理方法について図面を参照して説明する。第12の実施形態では、PEB処理時の加熱温度を露光チップに応じて調整する。

プリベークまでは、第1の実施形態と同様である。次いで、露光により、140nmの孤立ラインパターンが含まれる露光チップがウエハW上に縦11×横13の配置に転写され、潜像が形成される。本実施形態では、転写時の露光量条件は、全露光チップで同一条件とした。

露光後、露光工程時とPEB処理工程時に、図18に示すウエハWのノッチ1803が、常に同じ方向、例えば下側になるようにローテーション補正を行う。ウエハWが前述した加熱装置に搬送され、PEB処理が行われる。この際、以下の手順に従い加熱条件を定める。

図25は、PEB処理温度と現像後のレジストライン寸法との関係を示している。実線は下流露光チップ、破線は最上流露光チップを示している。

図25から、レジストライン寸法が所望の140nmとなるPEB温度条件を求めたところ、最上流露光チップ1801Aでは140.23℃であり、下流露光チップ1801Bでは140.00℃である。

このように、予めPEB処理温度と仕上がりレジストライン寸法の関係を求めておくことで、それぞれの露光チップ1801に対して最適な加熱処理温度条件が決定される。

本実施形態では、最上流露光チップ1801Aの加熱温度が140.23℃、下流露光チップ1801Bの加熱温度が140.00℃となるように加熱条件が設定される。

この温度設定は、最上流露光チップ1801Aの領域に相当する分割ヒーターの設定温度を高くすれば良い。この場合、下流側に配置されたヒーターも上流側ヒーターの干渉を受けるために、下流側ヒーターの設定温度も調整することが好ましい。例えば、熱電対などの温度センサがウエハWに複数を埋め込まれた温度計測器等を用いて、各分割ヒーターの設定温度を厳密に調整することが望ましい。

このようにPEB処理の温度条件を定め、90秒のPEB処理が行われる。PEB処理後、第1の実施形態と同様の処理が行われ、レジストパターンが形成される。

現像後のレジストパターンのライン寸法をウエハW面内で測定した結果、以下ようになった。すなわち、140nmの孤立ラインパターンの面内寸法ばらつきは、PEB処理温度条件を補正していないときの12.3nm(3 $\sigma$ )に比べ、6.1nmと大幅に低減した。

#### (第13の実施形態)

本発明の第13の実施形態に係わる基板処理方法について図面を参照して説明する。第13の実施形態では、露光領域内で行う露光量補正をウエハ面内で行う。

図26に示すように、PEB中の気流2601に対して最も上流側に位置する最上流露光領域2602Aのみを露光し、PEB、現像工程を行い、評価用サンプル1を作成する。評価用サンプル1における最上流露光領域2602Aについて、レジストパターン寸法評価を行い、所望寸法となる露光量条件の最適化(露光量の補正)を行う。

図27に示すように、前記最適化を行った露光量条件で、最上流露光量領

域 2602A を露光する。1 つ下流である露光領域 2602B の露光を行い、前記と同様評価用サンプル 2 を作成する。評価用サンプル 2 における露光領域 2602B について、レジストパターン寸法評価を行い、所望寸法となる露光量条件の最適化（露光量の補正）を行う。このような露光量の最適化を  
5 下流側に向かって全ての露光量領域について行う。

このように、PEB 時の気流に対して上流側に配置された露光領域から、下流側の露光領域へと順次露光量補正条件の算出を行う。これにより、効率的かつ高精度な補正を行うことが可能である。

このようにして求めた露光量条件で、露光領域をウエハ内で形成したところ、露光領域間でのレジストパターン寸法の均一性は、大幅に改善することができた。

#### （第 14 の実施形態）

本発明の第 14 の実施形態に係わる基板処理方法について図面を参照して説明する。第 14 の実施形態では、露光領域内で行う露光量補正を行う。リソグラフィにおける各工程の詳細な説明は第 11 及び第 12 の実施形態と重複するため省略する。

図 28 は、露光領域と PEB 時の気流との相対的な位置関係を模式的に示している。気流 2801 に対して上流側から下流側に向う方向を X 軸とし、チップの最上流側エッジ部を  $X = 0$  とした。

図 29 は、露光量 D としたときのチップ内の位置 X と現像後のレジストパターン寸法（ライン寸法）との関係を模式的に示している。上記した理由により、上流側では実効的な露光量が下流側よりも低下する。このため、ポジ型レジストを用いた場合、上流側でパターン寸法は大きくなる。以下、チップ内の位置 X における露光量補正を算出する手順について説明する。

図 30 は、露光量 D 近傍でのパターン寸法と露光量との関係を示している。パターン寸法測定値を基に露光量とパターン寸法の関係は 1 次関数で近似されている。位置  $X = X_1$  でのパターン寸法が  $L_1$  の場合、図 30 の関係から露光量  $D_1$  を算出する。次に、所望のパターン寸法  $L_0$  の露光量  $D_0$  との比率  $D_1 / D_0$  を求める。これに露光量 D をかけた  $D \cdot (D_1 / D_0)$  が  $X =$

X 1での最適露光量となる。この手順で所望パターン寸法L 0となるための最適露光量を各位置Xで求める。この結果を図3 1に示す。

露光領域内でのこのような露光量補正は、ステップ&スキャン型露光装置を用いれば、例えば以下に示す方法で可能である。

- 5 露光時の光源の照射パワーをP、走査速度（スキャン速度）をv、照明領域のスリット幅をsとした場合、露光量Dは、 $E \cdot (s / v)$ に比例する。この式からチップ内の位置Xと走査速度vの関係を求める。この結果を図3 2に示す。このように、走査速度vを露光領域内で制御することで、露光量補正が可能である。

10 このようにして求めた露光量条件で、露光量補正条件を算出し、露光領域が形成される。この結果、露光領域内でのレジストパターン寸法の均一性は、大幅に改善される。

15 本実施形態では、上流側から下流側に向ってパターン寸法が単純に減少する場合を示したが、これに限定されない。各露光用マスク毎に、図2 9で示したチップ内の位置Xと現像後のレジストパターン寸法との関係を求めることが必要である。

また、ウエハ上での露光領域の位置によって、前記チップ内の位置Xと現像後のレジストパターン寸法との関係が異なる。このため、各露光領域で前記関係を求めて、露光量補正を行うことが望ましい。

- 20 また、本実施形態では、パターン寸法測定値を基に露光量とパターン寸法との関係を1次関数で近似したが、これに限定されない。寸法測定値を基に多次関数で近似しても同様の効果が得られる。

（第1 5の実施形態）

- 25 本発明の第1 5の実施形態に係わる基板処理方法について図面を参照して説明する。第1 5の実施形態では、露光領域内で行う露光量を変化させる。リソグラフィーにおける各工程の詳細な説明は第1 1，第1 2の実施形態と重複するため省略する。

図3 3は、ステップアンドスキャン方式の投影露光装置の構成を示している。照明系（システム）3 3 0 1は、エキシマレーザ光源、ビームエキスパ

ンダー、フライアイレンズなどで構成される。照明 3301 から照射された照明光 3302 は、照射量調整用の ND (Neutral Density) フィルタ 3303 及びミラー 3304 を介し、ビームスプリッタ 3305 に入射する。入射した光は、投影露光用の光 3302a と露光量をモニターするための光 3302b とに分けられる。投影露光用の光 3302a は、露光用マスク 3306 に入射する。露光用マスク 3306 を透過した光は、縮小投影光学系 3308 を介し、ウエハ 3309 に転写される。

露光量をモニターするための光 3302b は露光量モニターユニット 3311 でモニターされる。モニター結果は、制御ユニット 3312、フィルタ制御ユニット 3313 を介して照射量調整用の ND フィルタ 3303 へとフィードバックされる。露光用マスク 3306 及びウエハ 3309 は、それぞれ露光用マスクステージ 3307、ウエハステージ 3310 で保持されている。露光用マスクステージ 3307 は露光用マスクステージ制御ユニット 3312 により制御される。ウエハステージ 3310 は、ウエハステージ制御ユニット 3313 により制御される。ND フィルタ 3303 はフィルタ制御ユニット 3314 により制御される。ウエハステージ 3310 及び ND フィルタ 3303 は各制御ユニット 3313、3314 を介して制御ユニット 3315 により制御されて、互いが同期して走査する。

図 34 は、照射量調整用の ND フィルタ 3303 の透過率分布を模式的に示している。透過率分布は、前記 PEB 時の酸の蒸発、再付着によって生じる実効的な露光量変動を補正するように求めた。図 34 に示す透過率分布を有する ND フィルタ 3303 が照明光 3302 に対して走査移動する。これにより、露光用マスク 2006 に入射する光量を、例えば図 31 に示すように変化させることができる。この結果、露光領域内で露光量補正が可能となる。

このようにして求めた露光量条件で、露光量補正条件を算出し、露光領域を形成したところ、露光領域内でのレジストパターン寸法の均一性は大幅に改善した。

(第 16 の実施形態)

本発明の第 1 6 の実施形態に係わる基板処理方法について図面を参照して説明する。第 1 6 の実施形態では、露光領域のレジストパターンの被覆率に応じて露光量の補正を行う。

まず、反射防止膜となる塗布膜が回転塗布法によりウエハ W 上に形成される。次に、215℃、90秒の条件でベーク処理が施され、85nmの膜厚を有する反射防止膜が形成される。

ウエハ W 上にポジ型化学増幅レジストが塗布された後、110℃、90秒の条件でプリベークが施される。このようにして、前記反射防止膜上に300nmの膜厚を有するレジスト膜が形成される。

プリベーク後、前記ウエハ W は室温まで冷却される。次に、ウエハ W は、ArFエキシマレーザ（波長193nm）を光源とするステップ&スキャン型露光装置に搬入される。ここで、 $NA=0.55$ 、 $\sigma=0.75$ 、 $\epsilon=0.67$ の条件で露光領域がウエハ W に転写される。以下、露光領域及び露光領域の形成方法について、詳細を説明する。

図 3 5 は、露光領域の一部を模式的に示している。図 3 5 において、D は露光領域内で最も寸法精度が要求される110nmのラインアンドスペースパターン群である。このパターン群 D がレジスト被覆率の異なる領域 A、B、C とに存在している。露光時のスキャン速度は図中の左から右側、露光後に行う PEB 時の気流方向は、図 3 5 中の上から下側である。領域 A では、レジスト被覆率60%、領域 B ではレジスト被覆率30%、領域 C ではレジスト被覆率0%である。ここでレジスト被覆率とは、パターン形成後にレジストが残存する割合をパーセントで示したものである。

上記したように、PEB 処理中に発生した蒸発物がレジスト表面に再付着することによってパターン寸法に変動が生じる。

レジスト被覆率の違いにより前記再付着量が各領域で異なり、結果としてパターン寸法が変動する。このため、本実施形態では以下に示す手順で補正露光量を算出する。

図 3 6 は、露光量とライン寸法との関係を示している。図 3 6 中、各直線は、領域 A、領域 B、領域 C を示している。これら直線はパターン測定値を

1 次関数で近似したものである。

図 3 6 の関係から所望の  $110\text{ nm}$  となる露光量条件を領域 A、B、C に対してそれぞれ求める。この結果、領域 A は  $13.63$ 、領域 B は  $13.59$ 、領域 C は  $13.55\text{ mJ/cm}^2$  であることが分かる。

5        このように算出された露光量（エネルギー量）で領域 A、B、C の露光を行う。露光領域内で露光量を補正する方法は、第 1 4、第 1 5 の実施形態中に詳細が記載されているためここでは省略する。

次に、ウエハ W が PEB 処理ユニットに搬送され、ここで  $130^\circ\text{C}$ 、90 秒の条件で加熱処理が行われる。PEB 処理ユニットは、前記第 1 1 の実施形態に記載の排気流がウエハに沿って一方向流となるものを用いた。図 3 5 に示すように、PEB 時の排気流は露光時のスキャン方向と  $90^\circ$  異なる方向となるようにする。PEB 処理後、第 1 の実施形態と同様の処理が行われ、レジストパターンが形成される。

10        現像後のレジストライン寸法を露光領域内で測定した結果は、 $110\text{ nm}$  ラインアンドスペースパターンの面内寸法ばらつきが、露光量条件を補正していないときに比べ、大幅に低減した。

15        本実施形態では、露光時のスキャン方向と PEB 時の気流方向とが  $90^\circ$  度異なるように設定したが、これに限定されない。レジスト被覆率と、PEB 時の気流方向、流速に応じて図 3 6 に示す露光量とパターン寸法の間関係を求め、補正露光量を算出することが重要である。

20        また、本実施形態では、露光領域内のレジスト被覆率による補正方法について説明したが、望ましくは露光領域間での補正を行うことが望ましい。補正方法として、前記実施形態記載のように PEB 時の気流方向に関して、上流から下流にかけて順次行っていくことが望ましい。

25        また、本実施形態では、パターン寸法測定値を基に露光量とパターン寸法の間関係を 1 次関数で近似したが、これに限定されることはない。寸法測定値を基に多次関数で近似しても同様の効果が得られる。

（第 1 7 の実施形態）

本発明の第 1 7 の実施形態に係わる基板処理方法について図面を参照して



説明する。第17の実施形態では、露光とは別の光照射工程で露光量の補正を行う。すなわち、所望パターン転写時の露光量条件を全露光チップで同一条件とし、この後、露光チップの位置に応じて露光量調整を行う。

露光までは、第16の実施形態と同様である。露光により、130nmの孤立ラインパターンが含まれる露光チップが、縦11横×13の配置（ウエハ範囲外の露光チップは除く）でウエハ上に転写され、潜像が形成される。露光の条件は、露光量15.00mJ/cm<sup>2</sup>である。

図37は、露光量調整のための光照射システムを模式的に示している。ウエハWはステージ3701上にプロキシミティギャップ3702を介して載置される。ウエハWの上空には、光照射用の光源3703が設置される。光源3703は、複数の低圧水銀ランプで構成される。光源3703から照射光3704が発せられる。照射光3704は、波長選択フィルタ（図示せず）を介して、波長193nmの光のみとされる。波長193nmの光は、マスク3705を介して、ウエハWに照射される。この光照射システムは窒素パージされたチャンバ3706内に設置される。

図38は、ウエハ上に形成された露光領域群3801と補正時に照射された光照射領域3802との位置関係を模式的に示している。本実施形態では、PEB工程時に用いるPEBユニットとして、図39に示すように、排気流3901が外周から中心に向う放射状のものを使用する。このため、PEB時の気流に対して最上流に位置する最外周露光領域（図39中の3902）にのみ、波長193nmの光を照射する。照射量の条件は、0.08mJ/cm<sup>2</sup>であり、この条件は以下に示す手順で求められる。3903は下流露光領域である。

図40は、補正時に照射する照射量と、最外周（最上流）露光領域と内周（下流）露光領域との間での寸法差の関係を示している。補正照射量条件とパターン寸法差との関係から、パターン寸法差が0となる照射量条件が見出される。

次いで、ウエハWがPEB処理ユニットに搬送され、130℃、90秒の条件で加熱処理が行われる。PEB処理ユニットは、図39に示すように排

気流がウエハ周辺部から中心に向う放射状のものが用いられる。P E B 処理後、第 1 の実施形態と同様の処理が行われ、レジストパターンが形成される。

5 現像後のレジストライン寸法を露光領域内で測定した結果、130nmの孤立ラインパターンの面内寸法ばらつきは、露光量条件を補正していないときに比べ、大幅に低減した。

10 本実施形態では、P E B 時の排気気流が放射状のものをを用いたが、これに限定されない。気流が一方向の P E B ユニットを使用する場合は、例えば図 41 に示すように、広がりをもつランプを光源とし、ウエハ上空斜めから照射することができる。図 41 中、4101 は光源、4102 はウエハ、4103 はプロキシミティギャップ、4104 はステージである。このような方法の場合、図 42 に示すような照射量分布を持たせて補正すればよい。

15 また、本実施形態では、最上流露光領域のみ補正を行った場合について記載したが、これに限定されることは無い。マスク（図 37 の 3705）の代わりに透過率が変化するフィルタを用いても良い。

また、本実施形態では、補正照射時の光源として低圧水銀ランプを用いたが、これに限定されず、例えばレーザーを光源としても用いても良い。

（第 18 の実施形態）

20 本発明の第 18 の実施形態に係わる基板処理方法について図面を参照しながら説明する。第 18 の本実施形態では、所望パターン転写時の露光量条件を全露光領域間で同一条件とし、この後、露光チップの位置に応じて露光量調整を行う。露光量調整は別のエレクトロンビーム（以下 E B と称す）照射工程で行う。

25 ウエハ W 上に、E B 用のポジ型化学増幅レジストを回転塗布法により塗布される。次に、100℃、90秒の条件でプリベークが施され、この結果、ウエハ上に 300nm の膜厚を有するレジスト膜が形成される。

プリベーク後、前記ウエハ W は室温まで冷却される。ウエハ W は、E B を露光源とするパターン転写装置に搬送される。ここで、図 43 に示すように、100nm のラインアンドスペースパターンが含まれる露光領域が、縦 1

1 横×15の配置でウエハ上に転写され、潜像が形成される。ウエハ上の露光領域群は、ウエハ端にかかる欠け露光領域4301と、そうでない露光領域4302とに分類される。

5 PEB工程時に用いるPEBユニットとして、図44に示すように排気流4401がウエハに沿って一方向流となるものが用いられる。このため、気流に対して最上流に位置する露光領域（図45中の4501）にのみ、EB照射する。このときの照射量条件は、以下に示す手順で求めた。

10 図46は、欠け露光領域の面積（本来の露光領域面積で規格化）と、パターン寸法変動を補正するに必要なEB照射量との関係を示している。欠け露光領域の面積が小さい程、PEB時に蒸発する酸の量が少なくなるため、多くの照射量が必要となる。このような手順で、補正に必要な照射量を欠け露光領域の面積に応じて算出し、その条件で露光量調整を行った。

15 次いで、ウエハWがPEB処理ユニットに搬送され、110℃、90秒の条件で加熱処理が行われる。PEB処理ユニットは、図44に示すように、排気流がウエハに沿って一方向流となるものが用いられる。PEB処理後、第1の実施形態と同様の処理が行われ、レジストパターンが形成される。

20 現像後のレジストライン寸法を露光領域内で測定した結果、ラインアンドスペースパターンの面内寸法ばらつきは、露光量条件を補正していないときに比べ、大幅に低減した。

また、本実施形態では、最上流露光領域のみ補正を行った場合について記載したが、これに限定されることは無い。第13の実施形態に記載したように上流から下流にかけて、補正照射量を算出することが、望ましい。

#### （第19の実施形態）

25 本発明の第19の実施形態に係わる基板処理方法について図面を参照して説明する。第19の実施形態では、露光チップに応じて、現像時の現像液の吐出条件を調整する。

露光までは、第11の実施形態と同様である。露光により、150nmのラインアンドスペースパターンが含まれる露光チップが、ウエハW上に縦1×横13の格子状の配置（ウエハW範囲外の露光チップは除く）でウエハ

上に転写され、潜像が形成される。本実施形態では、各露光チップの露光量条件は一定で行われる。PEB処理工程は、例えば図65に示す従来と同様の通常の加熱装置を用いて行われる。

本実施形態では、図18に示す前記最上流露光チップ1801Aと前記下流露光チップ1801Bとで、現像後に形成されるレジストパターンのライン寸法が等しくなるように、現像工程において調整がなされる。すなわち、ウエハ上でのレジストパターンの現像速度を調整し、具体的には、以下に示す方法で、前記最上流露光チップ1801Aの現像速度を早くする。

図47A、Bを用いて本実施形態における現像方法を説明する。直線状の薬液供給ノズル4701を用いて、薬液を吐出しながらウエハWの一端（図中の開始位置P0）から他端（図中の終了位置P1）に走査させる。この結果、被処理基板上の全面に薬液膜4702が形成される。

通常、ウエハ面内を均一に現像処理したい場合には、ノズルの吐出量、ノズルとウエハ間の距離、ノズルの走査速度を一定（それぞれ1.0L/min、1.5mm、120mm/sec）として現像液膜を形成する。この後、60秒間静止現像した後、リンス処理、スピン乾燥処理を行うことにより、レジストパターンが形成される。

図48は、露光量とリソグラフィ工程を経て形成されるレジストのパターン寸法との関係を示している。図48中の実線は下流露光チップの場合を示しており、破線は最上流露光チップの場合を示している。この関係は、露光量に対する寸法を最上流露光チップ、下流露光チップについて計測することにより求められる。本実施形態では、所望寸法は150nm（L0）であるので、全てのチップは18.36mJ/cm<sup>2</sup>（D）で露光される。しかし、最上流露光チップでは実効的な露光量が少なくなるため、寸法が158nm（L1）となる。

上記した理由により、最上流露光チップの露光量は実効的に少なくなり、寸法が大きくなる。このため、本実施形態では、最上流露光チップにおいて薬液供給ノズルの現像液の吐出量をあげることにより、現像液供給時の液置換量を増加させる。この結果、現像が促進され、最上流露光チップの寸法と

下流露光チップの寸法とが合致する。具体的には以下のように行われる。

図49は、吐出量とパターン寸法との関係を示している。図49の関係を  
用いて吐出量が決定される。図49中、実線は、下流露光チップの場合を示  
し、破線は最上流露光チップの場合を示す。この関係は、露光量(D)で露  
光した被処理基板を、吐出量をかえて現像処理し、最上流露光チップ、下流  
露光チップのパターン寸法を計測することにより求められる。標準の吐出量  
である $1.0\text{ L/min (S0)}$ では、下流チップは $L0$ に、最上流チップ  
は $L1$ に仕上がる。この関係より、実効的に露光量が少ない最上流チップを  
吐出量 $S1 (1.2\text{ L/min})$ で処理すれば、所望寸法( $L0$ )に仕上がる  
ことがわかる。

次に、吐出量の具体的な制御方法を図50と図51を用いて説明する。

図50において5001(位置P0)は、薬液供給ノズルの供給口がウエ  
ハWにかかる位置である。5002(位置P1)は、薬液供給ノズルの供給  
口が最上流露光チップが一行に並んでいる部分を通過する位置である。50  
03(位置P2)は最上流露光チップがなくなる位置である。5004(位  
置P3)は、ウエハWの他端である。

図51は、ノズル供給口の位置と吐出量との関係を示している。図51に  
示すように、薬液供給ノズルの供給口がP0から位置P1までは吐出量 $S1$   
で、位置P2以降は吐出量 $S0$ で、ノズルを走査する。位置P1からP2ま  
での間は、直線的に吐出量を $S1$ から $S0$ に減少させるように制御される。  
位置P1からP2までの吐出量の変化はこれに限らず、二次関数的に変化を  
させるなど、最も均一性が得られる変化にすれば良い。

本実施形態では吐出量を制御する方法を示したが、ウエハとノズルとの距  
離、ノズルの走査速度を制御することも可能である。

図52はウエハとノズルとの間の距離(図中にはギャップと表記)とパタ  
ーン寸法との関係を示している。図52において、実線は下流露光チップの  
場合を示し、破線は最上流露光チップの場合を示している。図52の関係は  
、露光量(D)で露光した被処理基板を、ギャップをかえて(1~2mm)  
現像処理し、最上流露光チップ、下流露光チップのパターン寸法を計測する

ことで求められる。

ウエハとノズルとの距離を制御することによりパターン寸法を制御する場合、図5-2に示す関係を用いて、最上流露光チップ上でのギャップ（G1）を決定する。G0は標準条件のギャップあり、1.5mmである。G1は最上流露光チップでのギャップであり、1.2mmである。

図5-3は、ノズル供給口の位置とウエハとノズル間のギャップとの関係を示している。図5-2に示す関係を用いて、図5-3に示すように最上流露光チップ上と下流露光チップ上のギャップをそれぞれ最適な値に制御して、ノズルの走査が行われる。すなわち、薬液供給ノズルの供給口が位置P0から位置P1まではギャップG1で、位置P2以降はギャップG0でノズルを走査する。位置P1からP2までの間は、直線的にギャップをG1からG0に増加させるように制御される。位置P1からP2までのギャップの変化はこれに限らず、二次関数的に変化をさせるなど、最も均一性が得られる変化にすれば良い。

このように、ギャップを変えて現像速度を調整できる理由は、基板表面に液があたるときの強さを変えられるためである。具体的には、強めることで現像を加速でき、弱めることで減速できる。本実施形態では、吐出圧が直接基板に伝わる距離（1～2mm）で調整しているため、距離が小さいほど現像を促進できる。しかし、別の実験によると、吐出口を基板表面から5mm以上離すと距離が大きいほど現像が促進されることが分かった。これは吐出圧よりも重力の効果が大きいためである。従って、現像の調整を行うギャップは、条件にあわせて、パターン寸法とギャップの関係を求めて決めるのがよい。

図5-4は、ノズル走査速度（スキャン速度）とパターン寸法との関係を示している。図5-4中、実線は下流露光チップの場合を示し、破線は最上流露光チップの場合を示している。図5-4の関係は、露光量（D）で露光した被処理基板を、ノズル走査速度をかえて（100～140mm/sec）現像処理し、最上流露光チップ、下流露光チップのパターン寸法を計測することで求められる。

ノズル走査速度を制御することによりパターン寸法を制御する場合、図54に示す関係を用いて、最上流露光チップ上でのスキャン速度（V1）を決定する。V0は標準条件のスキャン速度であり、120mm/secである。V1は最上流露光チップでのギャップであり、110mm/secである。

図54に示す関係を用いて、図55に示すように最上流露光チップ上と下流露光チップ上のスキャン速度をそれぞれ最適な値に制御して、ノズルの走査が行われる。すなわち、薬液供給ノズルの供給口が位置P0から位置P1まではスキャン速度V1で、位置P2以降はスキャン速度V0でノズルを走査する。位置P1からP2までの間は、直線的にスキャン速度をV1からV0に増加させるように制御される。位置P1からP2までのスキャン速度の変化はこれに限らず、二次関数的に変化をさせるなど、最も均一性が得られる変化にすれば良い。

このように、スキャン速度を変えて現像速度を調整できる理由は、基板上的のノズルの滞在時間を変えられるためである。具体的には、長く滞在することで、液が十分に置き換わるため、現像速度を加速できる。一方、短く滞在することで減速できる。本実施形態では、滞在時間による液の置換が支配的となる範囲（100～140mm/sec）で調整しているため、距離が小さいほど現像を促進できている。しかし、別の実験によると、スキャン速度を200mm/sec以上にするとスキャン速度が大きいほど現像が促進されることが分かった。これは滞在時間よりもノズルが液を引く力による液流動の効果が大きいためである。従って、現像の調整を行うスキャン速度は、条件にあわせて、パターン寸法とスキャン速度の関係を求めて決めるのがよい。

以上示したように、下流及び最上流露光チップの場合のパターン寸法と制御するパラメータ（現像液の吐出条件）の関係を用いて、上流露光チップ上での現像液の吐出条件を決定する。その条件下で最上流露光チップを下流露光チップと異なる吐出条件で現像すれば良い。

このようにして求めた吐出量条件で、現像処理を行ったところ、露光領域

間でのレジストパターン寸法の均一性は、大幅に改善することができた。

(第20の実施形態)

本発明の第20の実施形態に係わる基板処理方法について図面を参照して説明する。第20の実施形態では、露光チップに応じて、現像工程での現像液の濃度を調整する。すなわち、第19の実施形態と同様に、図18に示す最上流露光チップ1801Aと前記下流露光チップ1801Bとで、レジストパターンのライン寸法が等しくなるように現像速度を調整する。具体的には、以下に示す方法で、前記最上流露光チップ1801Aの現像速度を早くする。

第11の実施形態と同様にして、ウエハW上に膜厚60nmの反射防止膜、この反射防止膜上に300nmのレジスト膜が形成される。

次に、第1の実施形態と同様の露光工程を経て、110nmのラインアンドスペースパターンが含まれる露光チップが、縦11×横13の格子状の配置（ウエハ範囲外の露光チップは除く）でウエハ上に転写され、潜像が形成される。本実施形態で使用する露光装置は、ArFエキシマレーザ（波長193nm）を光源とする。各露光チップの露光量条件は一定で行われる。

図47A、Bを用いて第19の実施形態に示したように、レジストパターンが形成される。この結果、図56Aに示すように、本実施形態では所望寸法は110nm（L0）であるので、全てのチップは25.3mJ/cm<sup>2</sup>（D）で露光される。しかし、最上流露光チップでは寸法が120nm（L1）となる。そこで、最上流露光チップでの現像液の濃度をあげる。この結果、現像が促進され、最上流露光チップの寸法と下流露光チップの寸法とが合致する。具体的には以下のように行われる。

図56B、Cは、気流吹き付けノズルで気流を吹き付け、現像液の濃度を変える方法を示している。図56B、C中、5601は最上流露光チップ、5602は下流露光チップである。静止現像中に最上流露光チップ5601に気流吹き付けノズル5603、5604により気流5605を吹き付ける。これにより、水を一部蒸発させ、現像液の濃度が高められる。この気流吹き付けノズルは、5603からだけ気流5605を吹き付けることにより、



最上流露光チップにだけ、気流を吹き付けることが可能となっている。56  
06は現像液である。

気流を用いただけでは、蒸発する水の量には限度がある。そこで、気流を  
吹き付ける前に、液の厚さを調整する。すなわち、図57Aに示すように、  
5 現像液5701Aが供給される。次に、図57Bに示すようにウエハWを1  
50rpmで2秒間回転させ、図57Cに示すように液厚150 $\mu$ mの薄膜  
5701Bが形成される。その後気流吹き付けノズルにより気流を吹き付け  
る。液厚を1mmから150 $\mu$ mへと減少させることにより、同じ蒸発量で  
も濃度を大きく変えることが可能となる。

図58は、吹き付け流量とリソグラフィ工程を経て形成されるレジスト  
のパターン寸法との関係を示している。図58中の実線は下流露光チップの  
場合を示しており、破線は最上流露光チップの場合を示している。以下、図  
58を用いて、気流の吹き付け流量の決め方を説明する。ここで、吹きつけ  
流量を変数とし、ノズルとウエハの距離は15mmで一定とした。標準の条  
件では、流量はF0(0L/min)で、下流チップはL0に、最上流チッ  
15 プはL1に仕上がった。この関係より、実効的に露光量が少ない最上流チッ  
プを流量F1(0.9L/min)で処理すれば、所望寸法(L0)に仕上  
ることがわかる。

以上示したように、下流及び最上流露光チップの場合のパターン寸法と気  
20 流の流量との関係を用いて、下流露光チップと最上流露光チップの寸法が等  
しくなるように、上流露光チップ上での気流の流量が決定される。その条件  
で現像が行われる。

このようにして求めた気流条件で、現像処理を行ったところ、露光領域間  
でのレジストパターン寸法の均一性は、大幅に改善することができた。

#### 25 (第21の実施形態)

本発明の第21の実施形態に係わる基板処理方法について図面を参照して  
説明する。第21の実施形態では、露光チップに応じて、現像工程での現像  
液の温度を変化させる。この結果、現像が促進され、最上流露光チップと下  
流露光チップでのパターン寸法が一致する。本実施形態で用いられるレジス

ト、現像液の組合せでは、温度が高くなると現像速度が速くなる。そこで、最上流露光チップで現像液の温度を高くすることで現像を促進させる。具体的には、以下に示す方法で、図 1 8 に示す最上流露光チップ 1 8 0 1 A の現像速度を早くする。

5 露光までは、第 1 1 の実施形態と同様である。次に、図 5 9 A, B に示すように、静止現像中に最上流露光チップ 5 9 0 1 をウエハ下面から熱板 5 9 0 3, 5 9 0 4 により加熱し、現像液 5 9 0 5 の温度を高くする。熱板 5 9 0 3 だけに電力を入力することにより、最上流露光チップ 5 9 0 1 だけ加熱できる。

10 図 6 0 は、現像液の温度とパターン寸法との関係を示している。図 6 0 中の実線は下流露光チップの場合を示しており、破線は最上流露光チップの場合を示している。以下、図 6 0 を用いて、温度の決め方を説明する。現像液膜が形成された後、所定の温度に加熱された熱板を液膜形成の 1 0 秒後から 4 0 秒間ウエハ裏面に接触させる。標準の条件では、温度は T 0 ( 2 3 ℃ )  
15 で、下流チップは L 0 に、最上流チップは L 1 に仕上がる。この関係より、最上流チップの熱板温度 T 1 ( 2 8 ℃ ) で処理すれば、所望寸法 ( L 0 ) に仕上がることがわかる。

以上示したように、下流及び最上流露光チップの場合のパターン寸法と熱板温度の関係を用いて、下流露光チップと最上流露光チップの寸法が等しく  
20 なるように、上流露光チップでの熱板温度が決定される。この条件下で現像が行われる。

尚、ポジ型レジストで、現像液温度を下げると現像速度が大きくなる場合には、最上流露光チップの現像液の温度を下げるように熱板の温度が調整される。

25 また、本実施形態では、ウエハの裏面から熱板により加熱することで、温度の調整をしたが、その他に、ランプヒータによりウエハ上面から加熱してもよい。

このようにして求めた温度条件で、現像処理を行ったところ、露光領域間でのレジストパターン寸法の均一性は、大幅に改善することができた。

(第22の実施形態)

本発明の第22の実施形態に係わる基板処理方法について図面を参照して説明する。第22の実施形態では、現像液の吐出量に分布を持たせて現像速度が調整される。露光後の加熱工程（PEB処理工程）における気流の方向が第19～第21の実施形態と異なり、具体的には、図39に示すように、気流は基板の外周から中心に向かう。

上記した理由により、現像後に形成されるレジストパターンのライン寸法は、最上流露光チップ3902で、下流露光チップ3901より大きくなる。そこで、最上流露光チップ3902と下流露光チップ3901とで、現像後に形成されるレジストパターンのライン寸法が等しくなるように、ウエハ上でのレジストパターンの現像速度を調整する。具体的には、以下に示す方法で、前記最上流露光チップ3902の現像速度を早くする。

露光までは、第11の実施形態と同様である。次に、図61A、Bに示すように、直線状の薬液供給ノズル6101をウエハWのほぼ中心に静止させ、薬液を吐出しながらウエハWを回転させる。この結果、被処理基板上に薬液膜6103が形成される。このとき、ノズルの吐出量、ノズルとウエハ間の距離、基板の回転数を、 $1.0\text{ L/min}$ 、 $1.5\text{ mm}$ 、 $40\text{ rpm}$ とする。この後、60秒間静止現像した後、リンス処理、スピン乾燥処理を行うことにより、均一なレジストパターンが形成される。

ウエハ面内をさらに均一に処理したい場合、単位面積あたりに同じ量を供給できるように、図62A、Bに示すように径方向に吐出量の分布をもたせる。図62A、B中、6202Aは最上流露光チップ、6202Bは下流露光チップであり、6203、6204は現像液である。具体的には、図62Cの実線にて示すように、中心からの距離にあわせて吐出量を増加させる。

第19の実施形態に示したように、通常の露光工程を経ると、図48に示す露光量とレジストライン寸法との関係になる。そこで、本実施形態では、図62Cの破線にて示すように、最上流露光チップでの吐出量を、均一に処理する条件の吐出量（実線）よりも多く設定する。この破線に示す吐出量により吐出する領域は、図62(a)の6202Bに対応し、これ以外の吐出

量により吐出する領域は6202Aに対応する。これにより、最上流露光チップの寸法を下流露光チップの寸法に合わせることが可能となる。

以上示したように、最上流露光チップでの現像液の吐出量を、均一に処理する場合と比較して多めに設定する。これにより、最上流露光チップでの現像速度が早くなり、最上流露光チップの寸法を下流露光チップの寸法に合わせることが可能となる。

また、本実施形態では、薬液供給ノズルからの吐出量を変えることで、最上流露光チップと下流露光チップの現像速度を同じにしたが、第20の実施形態で示したように、濃度を変えることでも可能である。この場合、気流吹き付けノズル5603, 5604で気流を吹き付ければ良い。また、第21の実施形態で示したように、温度を変えることでも可能である。この場合、熱板5903, 5904で加熱すれば良い。

このようにして求めた吐出条件で、現像処理を行ったところ、露光領域でのレジストパターン寸法の均一性は、大幅に改善することができた。

(第23の実施形態)

本発明の第23の実施形態に係わる基板処理方法について図面を参照して説明する。第23の実施形態では、親水化処理を用いて、現像速度が調整される。すなわち、図39に示す最上流露光チップ領域3902を、下流露光チップ領域3901より親水化させる。この結果、最上流露光チップ領域3902の現像速度を速めることができる。具体的には以下のように行われる。尚、PEB処理工程における気流の方向は第22の実施形態と同じである。

露光までは、第11の実施形態と同様である。次に、図63に示すように、現像液を供給する前にストレートノズル6301より1ppmのオゾン分子を溶解させたオゾン水6303が供給される。この結果、レジスト膜表面が親水化処理される。オゾン水は、5ppm以下であればよい。

ウエハWを500rpmで回転した状態で、ストレートノズルを基板中心に位置させる(図中の6301)。ここで、ストレートノズルより、オゾン水6303が1秒間吐出される。吐出した状態で100mm/secで外周部

まで移動させる（図中の6302）。ここでストレートノズルを一定時間（以下外周部での滞在時間と表記）静止させる。より多くオゾン水を外周部に供給することにより、外周部をより親水化させる。一定時間経過後に、オゾン水の吐出をやめ、基板を回転させることで、基板を乾燥させる。

5      その後、図47A、Bに示すように、直線状の薬液供給ノズル4702を用いて、薬液を吐出しながらウエハWの一端（図中の開始位置）から他端（図中の終了位置）に走査させる。この結果、ウエハW上に薬液膜4702が形成される。ノズルの吐出量、ノズルとウエハ間の距離、ノズルの走査速度を一定（それぞれ1.0L/min、1.5mm、120mm/sec）として現像液膜を形成する。この後、60秒の静止現像、リンス処理、スピン乾燥処理が行われ、レジストパターンが形成される。

10      図48に示すように、本実施形態では、所望寸法は150nm（L0）であるので、全てのチップは17.5mJ/cm<sup>2</sup>（D）で露光した。しかし、最上流露光チップでは実効的な露光量が少なくなるため、寸法が158nm（L1）となる。そこで、外周部の滞在時間を最適化することで寸法を合わせる。

15      図64は最上流露光チップにおける外周部滞在時間とパターン寸法の関係を示している。滞在時間t0（＝0秒）の条件では、下流チップはL0に、最上流チップはL1に仕上がる。この関係より、滞在時間t1（＝3秒）で  
20      処理すれば、所望寸法（L0）に仕上がることがわかる。

    以上示したように、最上流露光チップでのレジスト表面をより親水化することにより、最上流露光チップでの現像速度を早くする。この結果、最上流露光チップの寸法を下流露光チップの寸法に合わせることが可能となる。

25      本実施形態では、親水化するためにオゾン水を用いているが、これに限らない。純水や酸化性液体である酸素水、一酸化炭素水、過酸化水素水でも親水化の効果があり、適用可能である。

    第18、第22、第23の実施形態では、PEB時の排気流が一方方向のものについて説明したが、これに限定されない。ウエハ外周から中心、もしくは中心から外周に向う放射状の気流のPEBユニットを用いても同様の手順

で補正できる。

第 1 9, 第 2 1 ~ 第 2 3 の実施形態において、K r F エキシマレーザー用  
化学増幅型レジストの例を示した。しかし、これらに限られない。すなわち  
、A r F レジストにも適用可能である。第 2 0 実施形態において、A r F エ  
キシマレーザー用化学増幅型レジストの例を示した。しかし、これらに限ら  
れない。すなわち、K r F レジストにも適用可能である。さらに、第 1 9 ~  
第 2 3 の実施形態を通じて、F 2 レジスト、E B レジスト、E U V レジスト  
などにも適用可能である。

第 1 ~ 第 2 3 の実施形態では、1 4 0 n m の孤立ラインパターン、及びラ  
インアンドスペースパターンについて説明したが、これに限定されず、ホー  
ルパターン等の形成にも適用できる。

第 1 ~ 第 2 3 の実施形態では、露光の際、エキシマレーザーを使用した。  
しかし、これに限らず、紫外線、遠紫外線、真空紫外線、電子線、X 線を用  
いることもできる。

なお、本発明は、上記実施形態で説明したポジ型化学増幅型レジストに限  
らず、ネガ型化学増幅レジストについても適用できることは勿論である。第  
1 9 ~ 第 2 3 の実施形態において、ネガ型レジストの場合、最上流露光チッ  
プの現像速度を遅くするように各制御がなされる。すなわち、第 1 9, 第 2  
2 の実施形態では、現像液の吐出条件が制御される。第 2 0 の実施形態では  
、最上流露光チップの現像速度が相対的に遅くなるよう下流露光チップに気  
流を吹き付ける。第 2 1 の実施形態では、現像液の温度が調整される。第 2  
3 の実施形態では、現像液のレジストの表面状態が調整される。

Additional advantages and modifications will readily occur to  
those skilled in the art. Therefore, the invention in its broader  
aspects is not limited to the specific details and representative  
embodiments shown and described herein. Accordingly, various  
modifications may be made without departing from the spirit or scope of  
the general inventive concept as defined by the appended claims and their  
equivalents.